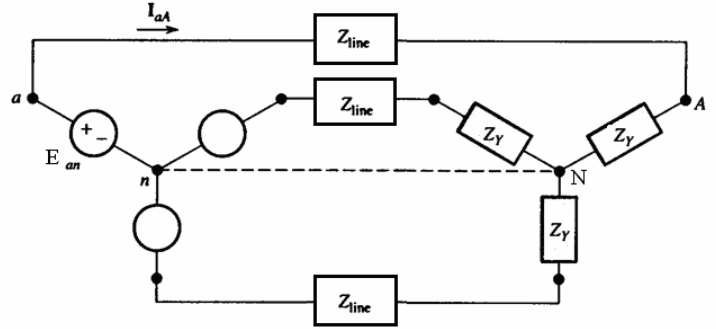


生物產業機電工程學系電工學第三次考試

學號：_____ 姓名：_____

Problem 1 20%

平衡三相 Y-Y 系統中，電源端的相電壓 E_{an} 為 $120\sqrt{3} \text{ V} \angle 30^\circ$ ，負載端每相具有 8Ω 的電阻與 8Ω 的電感串聯 (Z_Y)。若在電源端與負載端之間，加入 $Z_{line} = 4\Omega - j3\Omega$ 【缺單位，逐小題扣 1 分】



- 負載端的相電壓？ _____
- 負載端的線電壓？ _____
- 負載端的相電流？ _____
- 負載端的線電流？ _____
- 電流 I_{aA} ？ _____
- 負載端的 real power _____ reactance power _____
- 電源端的 apparent power _____
- 系統的 power factor _____ leading lagging

Problem 1 20%

負載側 $Z_Y = 8\Omega + j8\Omega = 11.314\Omega \angle 45^\circ$

電源端與負載端之間 $Z_{line} = 4\Omega - j3\Omega = 5\Omega \angle -36.87^\circ$

故 $Z_{total} = 12\Omega + j5\Omega = 13\Omega \angle 22.62^\circ$

- 負載端的相電壓 V_ϕ $V_\phi = E_\phi \times \left| \frac{Z_Y}{Z_{total}} \right| = 120\sqrt{3} \times \left| \frac{11.314\angle 45^\circ}{13\angle 22.62^\circ} \right| = 180.890 \angle 22.38^\circ = 180.890 \text{ V}$
- 負載端的線電壓為 $V_L = \sqrt{3}V_\phi = 313.311 \text{ V}$
- 負載端側的相電流為 $I_\phi = \frac{E_\phi}{|Z_{total}|} = \frac{120\sqrt{3}}{13} = \frac{V_\phi}{|Z_Y|} = \frac{180.890}{\sqrt{8^2 + 8^2}} = 15.988 \text{ A}$
- 負載端的線電流為 $I_L = I_\phi = 15.988 \text{ A}$
- $I_{aA} = 15.988 \text{ A}$
- 負載端的 Real power 為 $P_L = 3I_\phi^2 \times 8 = 3 \times 15.988^2 \times 8 = 6,134.787 \text{ W}$
負載側的 Reactance power 為 $Q_L = 3I_\phi^2 \times 8 = 6,134.787 \text{ VAR}$
- 電源端的 apparent power $S_T = 3 \times 120\sqrt{3} \times 15.988 = 9,969.130 \text{ VA}$
- 系統的 power factor $F_P = \frac{P_T}{S_T} = 0.923 = \cos 22.62^\circ$ (Lagging)

Problem 2 25%

電路系統中，負載端包括「兩具功率為 5-hp、efficiency η 為 75%的馬達，其 power factor 為 0.8 (lagging)」及「10 kW 的加熱器，其 power factor 為 1」。前兩者呈現並聯關係。電源的電壓 $E = 220$ V、頻率為 60 Hz。若要讓電路系統的 power factor 調升為 1，必須加上那一種元件？若加入的元件要與馬達並聯，則加入元件的 inductance？或 capacitance？【缺單位，逐小題扣 1 分】

- a.負載端（馬達+加熱器）的 total real power？_____（單位）3%
 Reactance power？_____（單位）3%
- b.加入元件前，電壓源的 Apparent power？_____（單位）3% 電流？_____（單位）2%
- c.加上那一種元件？_____2%
- d.加入元件的 inductance？或 capacitance？_____（單位）6%
- e.加入元件後，電壓源的 Apparent power？_____（單位）3% 電流？_____（單位）2%

Problem 2 20%

馬達的 output power $P_o = 2 \times 5 \text{ hp} \times 746 \text{ W/hp} = 7,460 \text{ W}$

馬達的 input power $P_i = P_o / \eta = 7,460 \text{ W} / 0.75 = 9,946.67 \text{ W}$

因 power factor 為 0.8，故 $\theta = \cos^{-1} 0.8 = 36.86^\circ$

馬達的 reactance power $Q_M = P_i \tan \theta = 9,946.67 \text{ W} \times \tan 36.87^\circ = 7,460.03 \text{ VAR (L)}$

因此，負載的（加入前）

Total real power $P_T = 10,00 \text{ W} + 9,946.67 \text{ W} = 19,946.67 \text{ W}$

Reactance power $Q_T = 7,460.03 \text{ VAR (L)}$

電壓源提供的：Apparent power $S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = 21,296 \text{ VA}$

Current from source $I = \frac{S_T}{E} = \frac{21,296 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 96.8 \text{ A}$

由於負載的 total reactance power 為 7,460.03 VAR (L)。

因此，加入的元件應為 capacitor，其 reactance power Q_C 為 -7,460.03 VAR。

加入的 capacitor 與馬達並聯，因此跨越 capacitor 的電壓為 220V，與 reactance power 的關係為

$$Q_C = \frac{E^2}{X_C} = 7,460.03 \text{ VAR} \text{ , 可導出 } X_C = \frac{E^2}{Q_C} = 6.488 \Omega \text{ 其 capacitance } C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 408.84 \mu\text{F}$$

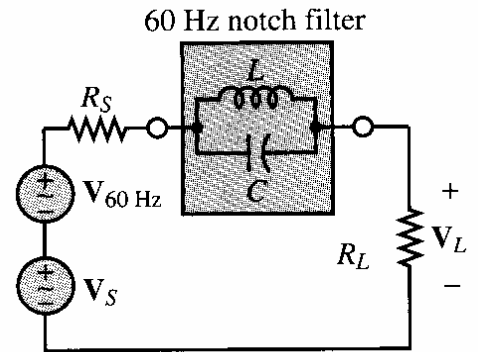
因此，負載的（加入後）Total real power $P_T = 10,00 \text{ W} + 9,946.67 \text{ W} = 19,946.67 \text{ W}$ Reactance power $Q_T = 0 \text{ VAR}$

電壓源提供的：Apparent power $S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = 19,946.67 \text{ VA}$

Current from source $I = \frac{S_T}{E} = \frac{19,946.67 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 90.667 \text{ A}$

Problem 3 15%

由於源自 AC line power 的 60Hz 信號會對高敏感性的儀器產生干擾，如心電圖儀器。因此，常用 60 Hz notch filter 來消除。這個 60-Hz narrow-band (or notch) filter 如何設計？若 $R_S = 50\Omega$ ， $R_L = 100\Omega$ ， $L = 120\text{ mH}$ ，則 $C = ?$ 請寫出並畫出設計出來的電路的 frequency response (包括 magnitude vs. frequency 及 phase angle vs. frequency)。圖上必須顯示縱軸與水平軸的單位、格線座標，而且要很清楚可以看到 frequency response 在較大 frequency、較小 frequency 及 60 Hz 處的 magnitude 與 phase angle。如果你只是把圖的「樣子」畫出來，沒有相關資訊搭配，是沒有機會拿到分數的。

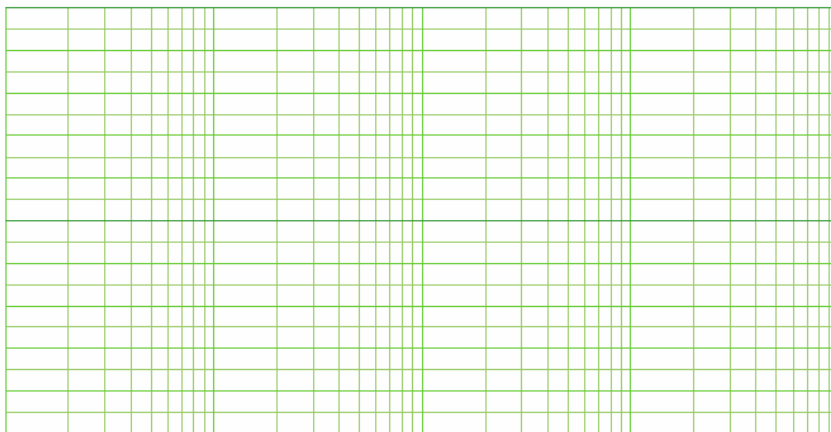


a. $C = ?$ (單位) 3%

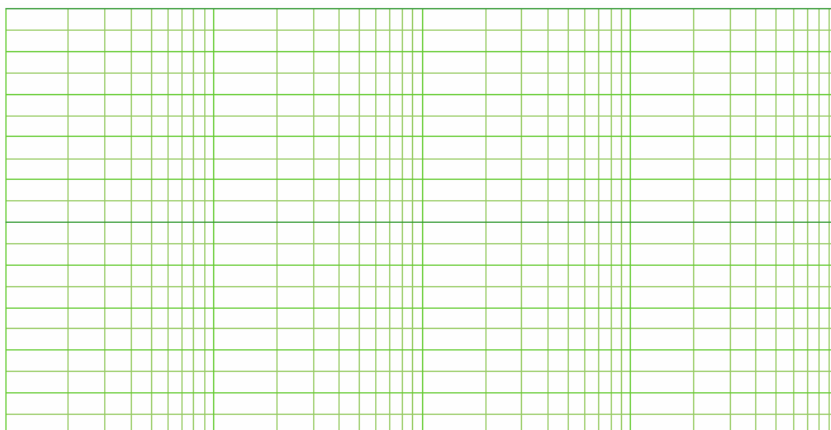
Problem 3 20%

Let $L=120\text{mH} \rightarrow C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{(2\pi \times 60)^2 L} = 58.635\mu\text{F}$

b. Frequency response : magnitude vs. frequency 5%



c. Frequency response : phase angle vs. frequency 5%



Problem 4 20%

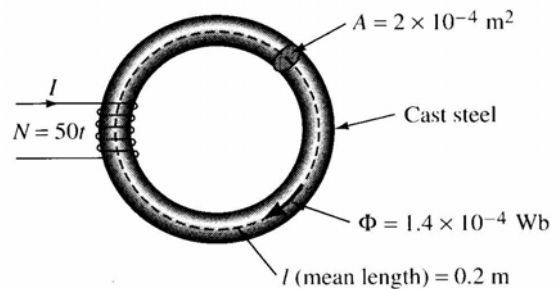
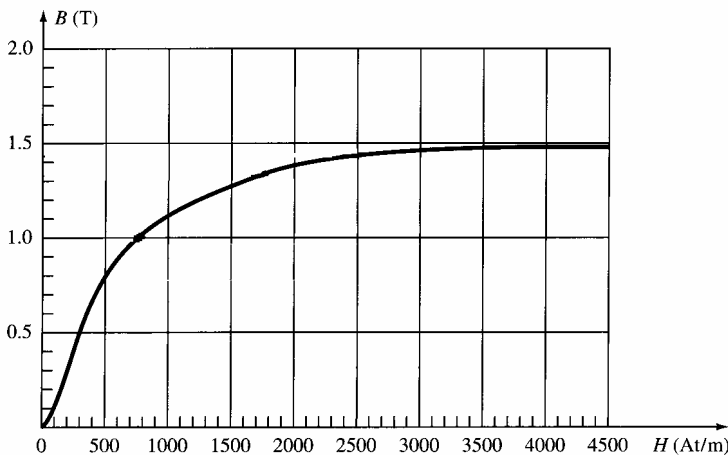
要在環型的 Core 中建立磁通 Φ (Magnetic flux) 為 1.4×10^{-4} Wb。請依序回答下列問題 (標示單位, 缺單位逐小題扣 1 分) :

- a. Core 內的磁通密度 (Flux density) _____ 2%
- b. Core 內的磁化力 (Magnetizing force) _____ 2%
- c. 線圈的電流 _____ 2% d. 磁路的磁動勢 (Magnetomotive force) _____ 2%
- e. 若在 Core 上切開一長度 250 μm 的 air gap (空氣的磁導係數 Permeability $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am) , 則
 - (a) Core 內的磁通密度 (Flux density) _____ 2%
 - (b) Air gap 內的磁通密度 (Flux density) _____ 2%
 - (c) Core 內的磁化力 (Magnetizing force) _____ 2%
 - (d) Air gap 內的磁化力 (Magnetizing force) _____ 2%
 - (e) 線圈的電流 $I =$ _____ 2%
 - (f) 磁路的磁動勢 (Magnetomotive force) _____ 2%

Problem 4 20%

要在環型的 Core 中建立磁通 Φ (Magnetic flux) 為 1.4×10^{-4} Wb。請依序回答下列問題 (標示單位, 缺單位逐小題扣 1 分) :

- a. Core 內的磁通密度 (Flux density) $B = 0.5\text{T}$ 2%
- b. Core 內的磁化力 (Magnetizing force) $H = 300 \text{ At/m}$ 2%
- c. 線圈的電流 $I = 1.2 \text{ A}$ 2% d. 磁路的磁動勢 (Magnetomotive force) $F = HI = 60 \text{ At}$ 2%
- e. 若在 Core 上切開一長度 250 μm 的 air gap (空氣的磁導係數 Permeability $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am) , 則
 - (a) Core 內的磁通密度 (Flux density) $B_c = 0.5\text{T}$ 2%
 - (b) Air gap 內的磁通密度 (Flux density) $B_g = 0.5 \text{ T}$ 2%
 - (c) Core 內的磁化力 (Magnetizing force) $H_c = 300 \text{ At/m}$ 2%
 - (d) Air gap 內的磁化力 (Magnetizing force) $H_g = 3.979 \times 10^5 \text{ At/m}$ 2%
 - (e) 線圈的電流 $I =$ 3.188 A 2%
 - (f) 磁路的磁動勢 (Magnetomotive force) $HI = 159.4 \text{ At}$ 2%



Problem 5 20%

用於電流計 (ammeter) 與伏特計 (voltmeter) 的 D'Arsonval movement 係由一馬蹄型永久磁鐵與一電磁鐵所組成。當電流流經盤繞在 movable core 的線圈 (電阻值 $1\text{k}\Omega$) 時, 所產生的磁通量將與永久磁鐵的磁通發生互動, 驅使 movable core 轉動, 並帶動指針。Movable core 的擺動幅度在流經線圈的電流低於 1 mA 時, 尚可與電流呈現線性比例關係: 當流經線圈的電流超過 1 mA 時, 則不然。因此, 在電流計與伏特計設計上有一轉盤, 用以調整 R_{shunt} 與 R_{series} , 避免流過 movement 的電流或跨越 movement 的電壓過大。若我們用要 ammeter 與 voltmeter 分別量測上限可能 2 A 與 200 V 的電流與電壓時, R_{shunt} 與 R_{series} 分別調整為多少?

- a. R_{shunt} ? _____ b. R_{series} ? _____
 c. 若欲測電流越大, R_{shunt} 調高 調低 d. 若欲測電壓越大, R_{series} 調高 調低

Problem 5 20%

- a. $R_{\text{shunt}} = \frac{V}{I} = \frac{(1\text{mA})(1\text{k}\Omega)}{2\text{A}} = 0.5\Omega$ b. $R_{\text{series}} = \frac{V_{\text{RS}}}{I_{\text{RS}}} = \frac{200\text{V} - (1\text{mA})(1\text{k}\Omega)}{1\text{mA}} = 199\text{k}\Omega$
 c. 若欲測電流越大, R_{shunt} 調高 調低 d. 若欲測電壓越大, R_{series} 調高 調低